

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ТИПА АУТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЛЯ ГРС И ГРП

В разветвленной газотранспортной системе Украины эксплуатируется свыше 1600 газораспределительных станций (ГРС), более 51000 газорегулирующих пунктов (ГРП) и 80 компрессорных станций (КС) с газотурбинными газоперекачивающими агрегатами. Магистральные газопроводы и отводы от них подают газ на ГРС с давлением в 5,5 или 7,4 МПа. На ГРС давление газа с помощью редуцирующих клапанов снижается до 1,2 МПа или до 0,3 и 0,6 МПа. Газ от ГРС подается в распределительную сеть населенных пунктов и промышленных предприятий, где на ГРП редуцирующими клапанами давление газа снижается до 0,3-0,05 МПа в зависимости от требуемого уровня давления для каждого потребителя. В настоящее время, как правило, снижение давления газа на ГРС и ГРП осуществляется дроселированием, что сопровождается безвозвратной потерей энергии и выпадением газоконденсата. ГРС и ГРП требуются источники электроэнергии для целей катодной защиты, обеспечения функционирования электрооборудования, устройств автоматики, освещения, для выполнения ремонтных работ, для подогрева газа до определенной технологической температуры и других собственных нужд. Обеспечение ГРС и ГРП электроэнергией обычно осуществляется либо подведением к ним линий электропитания, либо установкой автономных источников электропитания на базе дизель-генераторов или газотурбинных двигателей.

Наиболее распространенным вариантом исполнения автономного источника электропитания для ГРС и ГРП являются генераторные установки с двигателями внутреннего сгорания. Проведем сравнительный расчет затрат на топливо автономного источника типа «Вепрь АДП 12-Т400 ВЛ-БС» с использованием дизельного двигателя внутреннего сгорания. Вышеуказанный автономный источник состоит из двигателя внутреннего сгорания, который сжигает  $V_o = 4,36$  литра топлива в час, и генератора, который рассчитан на номинальную активную мощность  $P = 9,6$  кВт. Стоимость такой установки составляет  $C_y = 54732$  грн.[1].

При сжигании дизтоплива для выработки номинальной мощности за сутки необходимо сжечь

$$V_c = V_o \cdot K_z \cdot 24, \quad (1)$$

где  $V_c$  – объем топлива за сутки, л;  $V_o$  – объем топлива за час, л.;  $K_z=0,6$  – коэффициента загрузки

То есть за год, при стоимости дизтоплива  $C_o = 8$  грн за литр, годовые затраты на топливо составляют

$$C_z = V_o \cdot K_z \cdot 24 \cdot C_o \cdot 365, \quad (2)$$

Расходы на обслуживание и ремонт составляют 10÷15% от стоимости установки  $\mathcal{E}_p = (0,1-0,15)C_y$ . Итого расходы на первый год эксплуатации равны

$$C_\Sigma = C_y + \mathcal{E}_p + C_z, \quad (3)$$

или 243535 грн. Кроме расходов на оплату топлива и обслуживание необходимо учесть дополнительные расходы на его транспортировку с баз нефтепродуктов до ГРС и ГРП, которые иногда находятся в отдалении от линий электроснабжения. Следует так же указать на негативный экологический эффект, вызываемый сжиганием нефтепродуктов и сопровождаемый выбросами в атмосферу продуктов горения. Существенным недостатком данного варианта являются значительные эксплуатационные расходы.

Другим вариантом автономного источника электропитания мог бы стать ветрогенератор. В этом случае, как с экологической точки зрения, так и с точки зрения отсутствия затрат на энергоносители, данный вариант представляется благоприятным. Однако для ветрогенератора характерна зависимость вырабатываемой электроэнергии от наличия ветра достаточной силы. В условиях необходимости круглосуточного обеспечения ГРП и ГРС электроэнергией для полного удовлетворения их нужд потребовалось бы создание накопителя электроэнергии достаточно большой емкости. Оценим вариант системы автономного энергообеспечения на основе ветрогенератора EuroWind, мощностью 8кВт, который способен в месяц вырабатывать 2100 кВт·мес. (при среднегодовой скорости ветра 6 м/с). Максимальный запас энергии для автономной работы от аккумуляторной батареи (АКБ) составляет 80 кВт·час. Стоимость установки составляет 58924\$ [2] или 471392 грн.

Рассмотрим целесообразность построения автономного источника электропитания для ГРП и ГРС на основе использования солнечной энергии. Данный вариант безупречен с экологической точки зрения, однако его недостатком является невыработка электроэнергии в ночные периоды, а также снижение ее генерирования при облачной погоде. Произведем стоимостную оценку системы автономного энергообеспечения на примере установки Солар48 8-160-Д3 мощностью 6 кВт, способной вырабатывать 1200 кВт·мес., Для обеспечения электропитания в ночное время необходимо иметь 32 аккумулятора AGM 200Ач, которые обеспечивали бы запас энергии на 48 кВт·час. Стоимость такого источника электропитания составляет 39530\$. [2], или 316240 грн.

Сопоставление вышеприведенных данных показывает, что рассмотренные варианты требуют либо значительных капитальных затрат, либо больших эксплуатационных расходов.

Рассмотрим целесообразность использования в качестве источника первичной энергии энергию газа, транспортируемого через ГРП и ГРС. В этом случае, с помощью турбодетандера, можно обеспечить создание механической энергии, необходимой для вращения электрогенератора, и преобразование ее в электрическую энергию.

Достоинством данного решения являются: отсутствие необходимости подвода линий электропитания; хорошая технологическая сопрягаемость процесса выработки электроэнергии с транспортировкой газа; исключение необходимости подвоза топливных энергоресурсов для выработки электроэнергии; отсутствие экологически вредного воздействия на окружающую среду; экономичность процесса выработки электроэнергии за счет использования энергии газа при снижении давления в системах потребления.

Расчеты показывают, что стоимость электромеханического комплекса с турбодетандером мощностью 10 кВт не превышает 40 – 50 тыс. грн., т.е., многократно меньше ранее рассмотренных вариантов. Вышеуказанные преимущества определяют целесообразность построения автономных источников электропитания для ГРС и ГРП с использованием в качестве источника механической энергии турбодетандера. Процедура синтеза его структуры описана в [3]. Учитывая возможную удаленность ГРП от транспортных магистралей, центральных служб эксплуатации и ремонта, в качестве электрогенератора, приводимого во вращение детандером, целесообразно выбрать электрическую машину, имеющую высокие эксплуатационные характеристики с минимальными весогабаритными и стоимостными показателями, каковой является асинхронный генератор (АГ) с короткозамкнутым ротором. Запуск генератора должен сопровождаться его самовозбуждением, что в свою очередь требует наличия батареи конденсаторов возбуждения, подключенных к статорной обмотке. Различные способы и условия возбуждения подобных генераторов были рассмотрены в [4,5]. Исследования влияния различных факторов на условия самовозбуждения АГ с конденсаторным возбуждением на основе двухосевой математической модели АГ, учитывающей нелинейность характеристики намагничивания, проведенные авторами средствами компьютерного моделирования в пакете Matlab 6.5, а также на лабораторном стенде, описаны в [6]. Данные исследования подтвердили выводы о целесообразности использования АГ в автономном источнике питания для ГРС и ГРП, а так же возможность надежного самовозбуждения при отсутствии дополнительного источника электрической энергии.

Экспериментальные исследования подтвердили работоспособность электромеханического комплекса по предложенной структуре и разработанной принципиальной схеме. Они так же подтвердили соответствие экспериментальных результатов, результатам компьютерного моделирования. Осциллограммы выходного напряжения показаны на рис.1. Испытания опытного образца подтвердили высокую стабильность выходного напряжения (точность  $\pm 5\%$ ), практически абсолютную точность частоты 50 Гц, и качество формы выходного напряжения (коэффициент формы равен 0,13).

На кафедре «Автоматизированные электромеханические системы» НТУ «ХПИ» по заказу ЧАО «Турбогаз» были разработаны, изготовлены и переданы для эксплуатации 4 комплекта электрооборудования источника электропитания, один из которых установлен на ООО «ГАЗПРОМТРАНСГАЗ ВОЛГОГРАД» (Российская Федерация) на станции ЛПУ МГ АГРС-5, что подтверждено соответствующим актом.

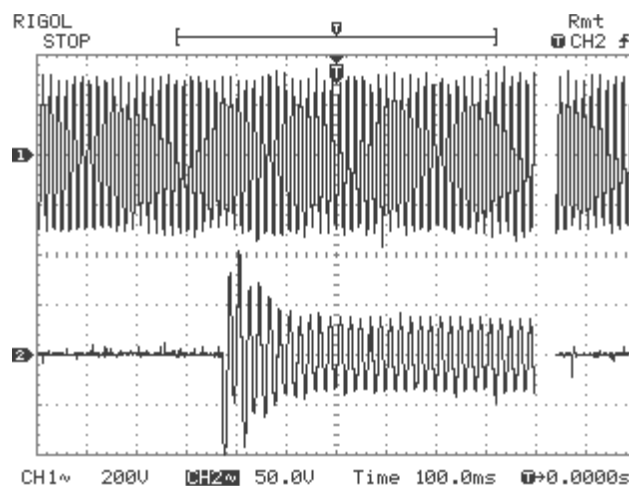


Рис. 1 Осциллограммы выходного тока автономного источника и фазного напряжения при набросе – сбросе активно – индуктивной нагрузки

#### Литература:

1. Макропром [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.mp-electro.su/dir/vepr/vepr\\_adp12\\_t400v1\\_bc/34-1-0-90](http://www.mp-electro.su/dir/vepr/vepr_adp12_t400v1_bc/34-1-0-90).
2. Украинская альтернативная энергетика [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wind.ae.net.ua>.
3. Клепиков В.Б., Колотило В.И., Моисеев А.Н., Банев Е.Ф., Синтез структуры источника электроэнергии для газотранспортной магистрали.
4. Вишневский Л.В., Пасс А.Е., Системы управления асинхронными генераторными комплексами – К.; Одесса: «Лыбидь», 1990. – 168 с.
5. Асинхронні генератори з вентильним та вентильно-смісним збудженням для автономних енергоустановок: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.09.01 /Л.І. Мазуренко/НАН України. Ін-т електродинаміки. - К., 2001. - 37 с. - укр.
6. Клепиков В.Б., Колотило В.И., Моисеев О.М., Банев Е.Ф. Дослідження процесів самозбудження в електро-технічній системі «Детандер-асинхронний генератор-інвертор» // Електроінформ. – 2007. №2. – С.6-8.